

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Návrh technologie svařování ohřívače vody

Project of Boiler Welding Technology

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Jiří Vystrčil
doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

Ostrava 2009

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Vystrčil**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Specializace: 70 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh technologie svařování ohřívače vody**
Project of Boiler Welding Technology

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor materiálů vhodných pro ohřívače vody a navrhnete optimální variantu.
2. Zpracujte přehled možných metod svařování ohřívače vody.
3. Zpracujte detailní technologický postup svařování ohřívače vody.
4. Navrhnete způsob schválení a kvalifikace postupů svařování aplikovaných při výrobě ohřívače vody.

Seznam doporučené odborné literatury:

Koukal, J., Zmydlený, T. Svařování. VŠB-TU Ostrava, 2005.
Turňa, M. Speciálne metódy zvarovania. ALFA, Bratislava, 1989.
Kolektiv autorů Technologie svařování a zařízení. ZEROSS, Ostrava, 2001.
Kolektiv autorů Materiály a jejich svařitelnost. ZEROSS, Ostrava, 1999.
Ország, V., Ország, P. Zváranie TIG ocelí a neželezných kovov. ALFA, Bratislava, 1998.
ČSN EN ISO 15614-1

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

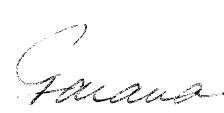
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.**

Datum zadání: 29.09.2008

Datum odevzdání: 22.05.2009




prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 22.5.2009

.....
Jiří Vystrčil

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 22.5.2009

.....

Jiří Vystrčil
Na Láně 1994, Uherský Brod

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VYSTRČIL, J. Návrh technologie svařování ohřívače vody. Ostrava: katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 42 s. Bakalářská práce, vedoucí Schwarz, D.

Bakalářská práce se zabývá technologiemi svařování ohřívače vody (OV). Prvotním cílem je výběr vhodného materiálu. Pro tento jsou následně navrženy vybrané technologie svařování. Hlavním požadavkem pro správný a bezpečný provoz OV je vytvoření kvalitního spoje. Toto zajišťují vybrané metody svařování MIG/MAG a WIG. Na tyto metody je proveden rozbor a zpracování zásad pro svařování zvoleného materiálu.

Vybrané metody svařování jsou následně použity k výrobě OV. Ke každému typu zadaných OV je vypracován technologický postup výroby pozic a postup svařování sestavy. Pro zahájení vlastní výroby je zpracován návrh způsobu schválení a postupu kvalifikace svařování OV.

ANNOTATION OF THESIS

VYSTRČIL, J. Project of Boiler Welding Technology. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 42 p. Thesis, head: Schwarz, D.

The main objective is about welding technologies for boiler. The primary goal is to choose right material. Afterwards is to find specific technology for welding. The main requirement is creation of high-quality connection which ensures that all operations will guarantee safe and right process of boiler. Everything is supported by chosen welding methods MIG /MAG and WIG. There are created by analysis and processing fundamentals for welding of chosen material.

The selected welding methods are used in consequence of production boiler. To each type of selected boiler has been prepared detailed technological production process and welding scheme process. If you want start your own production, you have to create an approval proposal and qualification process of welding boiler.

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ÚVOD	8
1. CHARAKTERISTIKA MATERIÁLŮ OHŘÍVAČE VODY	9
1.1 Materiál P265 GH	9
1.2 Materiál vhodný ke smaltování	10
1.3. Materiál 1.4301	11
2. SVAŘITELNOST A METODY SVAŘOVÁNÍ.....	12
2.1 Svařitelnost materiálů.....	12
2.2 Vznik svarového spoje	13
2.3 Elektrický oblouk	14
2.4 Metody svařování.....	15
3. SVAŘOVÁNÍ METODOU WIG (TIG)	17
3.1 Druhy svařovacích proudů	19
3.2 Ochranné inertní plyny	21
3.3 Svařovací hořáky a netavící se wolframové elektrody.....	23
3.6 Zásady pro ruční svařování vysokolegovaných ocelí.....	24
4. SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG	25
4.1 Podmínky pro realizaci svařování MIG/MAG.....	26
4.2 Ochranné plyny	26
4.3 Přenos kovu v oblouku	28
4.4 Svařování vysokolegovaných ocelí	31
5. TECHNOLOGICKÝ POSTUP	32
5.1 Technologický postup OV č.1	32
5.2 Technologický postup OV č.2.....	35
6. KVALIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ OV	38
6.1 Povinnosti výrobců a zásady provádění při výrobě OV:.....	38
6.2 Stanovení a kvalifikování postupů svařování OV	39
7. ZÁVĚR.....	40
8. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ	41
9. PŘÍLOHY	42

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
C_E	-	uhlíkový ekvivalent
I	A	svařovací proud
I_p	A	impulsní proud
I_z	A	základní proud
OV	-	ohřívač vody
TOO	-	tepelně ovlivněná oblast
t_p	s	čas trvání impulsního proudu
t_z	s	čas trvání základního proudu
TP		technologický postup
TZ	-	tlakové zařízení
U	V	svařovací napětí

ÚVOD

„Na počátku byla jednoduchá myšlenka – vyrobit ten nejúspěšnější a nejméně poruchový **ohřívač vody**. Každým rokem si myslíme, že jsme dosáhli cíle. A přesto každým dalším rokem vyrábíme dokonalejší ohřívače vody...“ [1]

Ohřívače vody (OV) jsou nedílnou součástí většiny domácností, sociálních zařízení a v neposlední míře se uplatňují také v různých průmyslových odvětvích. Teplá voda je nezbytná k různým lidským a jiným potřebám. Ohřev vody se dá realizovat mnoha způsoby. V poslední době je kladen důraz zejména na co nejmenší spotřebu energie a minimalizaci dopadů výroby na životní prostředí. OV jsou vyráběny v různých provedeních. Zvyšování teploty se nejčastěji realizuje formu přímého nebo nepřímého ohřevu vody. [2]

Při ohřevu vody dochází vlivem teploty k roztažnosti kapalin, projevující se změnou objemu a tím i tlaku. Proto ohřívače vody klasifikujeme jako tlakové zařízení (TZ). TZ je zpravidla nádoba rotačního tvaru, ve které působí kapalná látka. TZ je zkonstruováno, odzkoušeno a vyrobeno na nejvyšší dovolený vnitřní přetlak. Je osazeno různými měřicími zařízeními, ale především bezpečnostní výstrojí, zabráňující překročení dovoleného přetlaku. TZ je vyrobeno z materiálů, které odolávají danému způsobu namáhání a chemickému působení.

Materiály, které lze použít na výrobu ohřívače vody jsou např. oceli určené ke smaltování, korozivzdorné oceli, uhlíkové oceli atd. Svařitelnost těchto materiálů závisí na materiálových vlastnostech, chemickém složení a způsobu výroby oceli. Cílem je vytvořit takový svarový spoj, který bude mít za daných podmínek požadované vlastnosti. Je nutné znát vzájemnou vazbu mezi základním materiálem, technologií svařování a konstrukčním provedením spoje, což zaručí kvalitu a tuhost spoje.

Technologie svařování je charakterizována vytvořením svarového spoje žádané kvality, rozměrů a celistvosti. Technologický proces svařování určují tyto vlastnosti: způsob svařování, postup svařování, svařovaný materiál a jeho příprava před svařováním (úprava ploch), přídavné materiály, přehřev, ohřev a tepelné zpracování po svařování. Důležité je konstrukční provedení a umístění svarů, které ovlivňuje stav napjatosti, deformaci konstrukce po svařování a velikost vrubových účinků. Svarová konstrukce musí být navržena tak, aby tyto vlivy byly minimální. [4]

Pro svařování OV lze s ohledem na použitý materiál aplikovat různé metody tavného svařování, např. ruční obloukové svařování obalenou elektrodou MMA (111), obloukové svařování netavící se elektrodou v inertním plynu WIG (141), obloukové svařování MIG/MAG (135/136), svařování plazmou, svařování laserem, svařování pod tavidlem atd. Vzhledem k zadanému materiálu, což je materiál s označením 1.4301 - austenitická ocel, se budu podrobněji věnovat metodám svařování WIG a MIG/MAG.

Zvolené metody svařování se vyznačují rozdílnými způsoby svařování. Nejprve se budu zabývat popisem metod WIG a MIG/MAG. Tyto metody použiji také pro vypracování technologického postupu. Nakonec se pokusím navrhnout způsob schvalování a kvalifikace postupu svařování na zadané ohřívače.

1. CHARAKTERISTIKA MATERIÁLŮ OHŘÍVAČE VODY

Ohřivače vody jsou vyráběny a posuzovány jako tlaková zařízení. TZ je konstrukční celek tvořící vymezený prostor s pevnými stěnami, kde působí kapalné nebo plynné látky vnitřním přetlakem. OV se zařazuje mezi tlakové nádoby stabilní. Pravidlem pro konstrukci a výrobu TZ je, aby zařízení mělo co nejjednodušší tvar, pokud možno rotační, a to z důvodu co nejjednoduššího výpočtu. Použití rovných stěn se doporučuje minimálně. [2]

Na výrobu OV lze použít materiály, které splňují požadavky na konstrukci a svařitelnost. Musí mít odpovídající mechanické a chemické vlastnosti. Je nutné také uvažovat, po jakou dobu se bude zařízení používat a rovněž jakého charakteru bude kapalina vytvářející přetlak. Neméně významnou roli hraje také cenová kalkulace. Cílem dnešní doby je vyrobit zařízení s co nejvyšší trvanlivostí za co nejmenší cenu.

Pro výrobu TZ používáme různé základní materiály: ocel, hliník a jeho slitiny, slitiny niklu, měď a její slitiny apod. Nejčastěji jsou užívány zejména ocelové základní materiály a z tohoto důvodu se budu ve své práci zabývat právě jimi. Materiály se volí s ohledem na vlivy, při nichž se bude proces ohřívání uskutečňovat. Jsou to např. prostředí, teplota, rychlost či frekvence zatěžování.

Jak jsem již zmínil, je důležité, aby OV byl vyroben tak, aby měl co největší životnost a odolával bezpečně vnitřnímu přetlaku. Na základě těchto požadavků se pokusím ve své práci vypracovat technologické postupy a způsoby schvalování zadaných OV.

1.1 Materiál P265 GH

Ocel řadíme podle ČSN 42 002 do třídy 11 (konstrukční oceli obvyklé jakosti). Jedná se o ocel jemnozrnnou uklidněnou, která je ve stavu normalizačně žíhaném. Tyto oceli jsou předepsané čistoty (minimální obsah P, S), mají zaručenou mez pevnosti v tahu a zpravidla i v kluzu, tažnost a další vlastnosti. Oceli této třídy nemají určen obsah chemického složení. Nemají vymezenou spodní hranici obsahu uhlíku, z tohoto důvodu se proto nedoporučuje tyto oceli používat k výrobě náročných dílů, které mají být dále zušlechťovány, kaleny apod. [10] Oceli této třídy se vyrábějí do obsahu uhlíku 0,65% hm. V závislosti na jeho obsahu roste také pevnost oceli, zvyšuje se tvrdost, ale klesá tažnost, tvárnost a houževnatost. Z důvodu dobré svařitelnosti se doporučuje obsah uhlíku do 0,25% hm. Varianta použití tohoto materiálu zaručuje nejvhodnější ekonomické nároky na celkovou výrobu. Protože se však jedná o ocel, která je velmi náchylná na působení koroze, nepředpokládá se dlouhá životnost výrobku, pokud není provedena povrchová úprava.

1.2 Materiál vhodný ke smaltování

Smalt je sklo (amorfni pevná látka) komplikovaného chemického složení, které se nanáší na kovový podkladový materiál. Ocelový plech určený pro smaltování musí splňovat řadu požadavků, aby smaltovaný povlak nanášený na materiál vytvořil souvislou, dokonale přídržnou vrstvu. Ocel ke smaltování musí obsahovat minimální množství nežádoucích příměsí, nekovových vměstků a plynů. Rozložení doprovodných a legujících prvků musí být rovnoměrné. Smaltovaná ocel patří k podeutektoidním nízkouhlíkovým ocelím. Zvláštní pozornost je věnována obsahu uhlíku, který by neměl překročit hodnotu 0,1% hm. Smalt se nanáší nejprve mokřím způsobem, poté se vysuší a nakonec se při teplotě 800 – 900°C smaltický nános vypálí. Výsledkem je sklovitá vrstva s dobrou přídržností ke kovu. Pro smaltování jsou nejvíce vyhovující neuklidněné oceli. [7] Výrobce a dodavatelem těchto ocelí je firma U.S. Steel Košice (VSŽ Košice).

Plech určené ke smaltování jsou: KOSMALT 210 a 240. Pro přímé smaltování je určen plech KOSMALT 220D. [11]

Jakost podle EN 10209/96 US Steel Košice	Chemický rozbor tavby v %							
	C	Mn	Si _{MAX}	P _{MAX}	S _{MAX}	Al	Cu _{MAX}	Ti _{MAX}
KOSMALT 210 (DC04EK dle EN)	max. 0.06	max. 0.25	0.03	0.025	0.020	0.03 - 0.07	0.065	
KOSMALT 240 (DC01EK)	max. 0.08	max. 0.35	0.06	0.030	0.030	0.02 - 0.07	0.065	
KOSMALT 260 (DC01EK)	0.02 - 0.06	0.12 - 0.30	0.03		0.018	0.02 - 0.06	0.065	0.03 - 0.06

Jakost podle EN 10209/96 U.S. Steel	Mechanické vlastnosti			Tloušťka (mm)
	R _{p0.2 MAX} ²⁾ (MPa)	R _m (MPa)	A _{MIN} (%) mm	
KOSMALT 210	210	270 - 350	38	0.50 - 2.00
KOSMALT 240	240	270 - 390	32	0.50 - 2.00
KOSMALT 260	min. 260	300 - 450	24	0.50 - 2.00

Obr. 1.1 Druhy smaltovaných ocelí [11]

1.3. Materiál 1.4301

Tuto ocel řadíme podle ČSN 05 0323 do skupiny 8.1 – Austenitické korozivzdorné oceli. Všeobecně se oceli této skupiny vyrábí pro zlepšení těchto vlastností: korozivzdornosti, žárupevnosti, žáruvzdornosti, zlepšení vlastností za nízkých teplot.

Ocel odolává korozi a oxidaci na vzduchu a je velmi stálá v oxidačním prostředí. Austenitické CrNi oceli se vyrábějí stabilizované a nestabilizované. Nestabilizované oceli jsou vhodné ke svařování, jen pokud obsah uhlíku je pod 0,03% hm. Ve stabilizované oceli jsou přísady Ti, Nb, Ta. Tyto prvky mají větší afinitu k uhlíku, se kterým tvoří stálé karbidy, zabraňují vzniku a šíření mezikrystalové koroze při svařování. Hlavním legujícím prvkem je chrom.

Vliv základních a doprovodných prvků:

- korozní odolnost – Cr, Ni, Mo, Cu, Si
- mechanické vlastnosti – N

Austenitické korozivzdorné oceli jsou nemagnetické a nepodléhají fázovým přeměnám. Jsou velmi dobře svařitelné a udržují si dobrou houževnatost i za nízkých teplot. Vyrábějí se ve velkém rozsahu různých modifikací a druhů.

Přehled chemického složení (rozbor tavby) korozivzdorných ocelí pro všeobecné použití obsažených v normě EN 10088												
Oceli austenitické												
Druh oceli	Hmotnostní podíl v %											
Značka	C	Si max.	Mn max.	P max.	S	N	Cr	Cu	Mo	Nb	Ni	Ti
X10CrNi18-8	0,05-0,15	≤2,00	≤2,00	0,045	≤0,015	≤0,11	16,00-19,00		≤0,80		6,00-9,50	
X2CrNi18-9	≤0,030	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	≤0,11	17,50-19,50				8,00-10,00	
X2CrNi19-11	≤0,030	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	≤0,11	18,00-20,00				10,00-12,00	
X2CrNi18-10	≤0,030	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	0,12-0,22	17,00-19,50				8,50-11,50	
X5CrNi18-10	≤0,07	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	≤0,11	17,00-19,50				8,00-10,50	
X8CrNi18-9	≤0,10	≤1,00	≤2,00	0,045	0,15-0,35	≤0,11	17,00-19,00	≤1,00			8,00-10,00	
X6CrNiTi18-10	≤0,08	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030		17,00-19,00				9,00-12,00	5xC – 0,70
X4CrNi18-12	≤0,06	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	≤0,11	17,00-19,00				11,00-13,00	
X2CrNiMo17-12-2	≤0,030	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	≤0,11	16,50-18,50		2,00-2,50		10,00-13,00	
X2CrNiMoN17-11-2	≤0,030	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	0,12-0,22	16,50-18,50		2,00-2,50		10,00-12,00	
X5CrNiMo17-12-2	≤0,07	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	≤0,11	16,50-18,50		2,00-2,50		10,00-13,00	
X6CrNiMoTi17-12-2	≤0,08	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030		16,50-18,50		2,00-2,50		10,50-13,50	5xC – 0,70
X2CrNiMo17-12-3	≤0,030	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,030	≤0,11	16,50-18,50		2,50-3,00		10,50-13,00	
X2CrNiMoN17-13-3	≤0,030	≤1,00	≤2,00	0,045	≤0,015	0,12-0,22	16,50-18,50		2,50-3,00		11,00-14,00	

Obr. 1.2 Příklad chemického značení korozivzdorných ocelí [8]

2. SVAŘITELNOST A METODY SVAŘOVÁNÍ

2.1 Svařitelnost materiálů

Definice svařitelnosti podle ISO: „Kovový materiál se považuje za svařitelný do určitého stupně při daném způsobu svařování a pro daný účel, lze-li odpovídajícím technologickým postupem svařování dosahovat kovové celistvosti svarových spojů tak, že tyto spoje vyhovují technickým požadavkům, jež se týkají jak vlastností samotných spojů, tak i vlivu těchto spojů a konstrukční celek, jehož součástí tyto spoje jsou.“ [6]

Z této definice je zřejmé, že svařitelnost závisí a je ovlivňována celou řadou aspektů:

- a) vlastnosti základního materiálu a svarového kovu, např.:
 - mechanické vlastnosti
 - chemické složení
 - vlastnosti a chování za vysokých teplot
 - náchylnost na vznik trhlin
 - chování při velkých rychlostech ochlazování
 - oxidační schopnost
 - precipitační vytvrzování
- b) svařovací metoda a výrobní podmínky:
 - tavné, tlakové, odporové svařování, svařování plamenem
 - parametry svařování
 - teplo vnesené do svarového spoje
 - poloha svaru
 - přístup ke svaru
 - předehřev, dohřev svaru
 - teplota interpass
 - kladení svarových housenek
 - příprava svarových ploch
- c) konstrukce svařence:
 - typy použitých svarů
 - umístění svarů na konstrukci
 - počet svarů na konstrukci
 - deformace svařence
 - zbytková napětí
 - deformace svařence

Materiál je dokonale svařitelný, jestliže ho lze svařovat danými metodami svařování bez nutnosti zvláštních opatření. Takto vytvořený svarový spoj by měl mít ekvivalentní vlastnosti jako základní materiál. Dokonale svařitelný materiál nelze určit a z toho důvodu nastává problém, ke kterému z následujících hledisek se přiklonit:

- materiál je svařitelný, jestliže existuje taková technologie svařování, kterou lze vytvořit homogenní svarový spoj o požadovaných vlastnostech. Tyto vlastnosti se zachovávají po celou dobu životnosti konstrukce.
- materiál je svařitelný, jestliže svar o požadovaných vlastnostech je zhotoven bez zvláštních opatření, s minimálními náklady a jakoukoli produktivní metodou. [4]

Vliv chemického složení na svařitelnost ocelí určujeme nejčastěji výpočtem tzv. ekvivalentu uhlíku C_E , který vystihuje příspěvek legujících prvků ke kalitelnosti oceli. Hlavní vliv ve všech vyjádřeních ekvivalentu C_E má obsah uhlíku v oceli. Hodnocení ocelí ke svařování je následující: čím je hodnota ekvivalentu vyšší, tím hůře se daný materiál svařuje. Do vztahů pro výpočty se dosazují obsahy prvků v oceli, nebo ve svarovém kovu v hm%. [6]

Vztah doporučený IIW (Mezinárodní svářečský institut): [3]

$$C_E = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{\%(Ni + Cu)}{15}$$

Dalšími požadavky na svařitelnost jsou ukazatele náchylnosti k trhlinám. Z hlediska teploty a mechanismu vzniku jsou trhliny rozděleny na:

- studené
- teplé (horké)
- lamelární
- podnávarové
- žíhací

Pro tyto uvedené trhliny existují vztahy, podle kterých se výpočtem zjišťuje náchylnost ocelí k trhlinám.

2.2 Vznik svarového spoje

Vznik nerozebíratelného spojení je nejčastěji spojován se svařováním kovů. Svarový spoj vznikne tehdy, když dodáme povrchům spojovaných součástí aktivační energii, která umožní spojení dvou materiálů. Pro svařování jsou využívány tyto formy aktivační energie:

- termická aktivace (teplotou)
- mechanická aktivace (pružnými a plastickými deformacemi)
- radiační aktivace (elektronové, iontové záření)

Všechny běžné metody svařování lze rozdělit na tavné a tlakové svařování. Tavné svařování se realizuje při vysoké pracovní teplotě (vyšší než jsou teploty tavení základního a přídavného materiálu). Tlakové svařování je založeno na působení mechanické energie.

Při tavném svařování se používá místní ohřev základních materiálů. Tavením základního materiálu a přídavného kovu vzniká svarový spoj. Při tavném svařování dochází ke zředění základního a přídavného materiálu závislého na různé metodě svařování.

Svarový spoj lze rozdělit na 3 části:

- svarový kov
- tepelně ovlivněná oblast (TOO)
- neovlivněný základní materiál



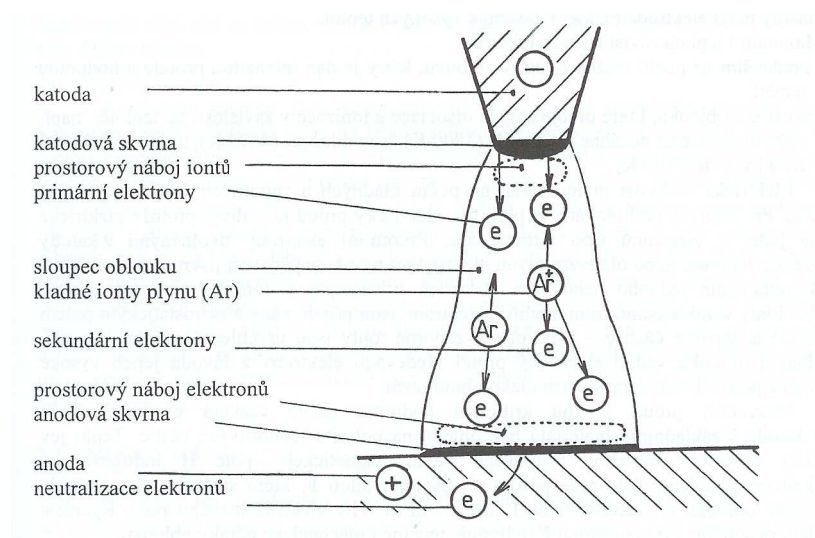
Obr. 2.1 Struktura svarového spoje

2.3 Elektrický oblouk

Elektrický oblouk se používá ve svařování jako nízkonapěťový elektrický vysokotlaký výboj, který hoří v prostředí ionizovaného plynu. Stabilně hoří za podmínky napětí dostatečného pro ionizaci daného prostředí a proudu udržujícího plazma oblouku v ionizovaném stavu. [3]

Jednotlivé části oblouku lze popsat na stejnosměrném oblouku mezi wolframovou elektrodou a základním materiálem, který hoří v ochranném prostředí argonu. Je to z toho důvodu, že oblouk při stejnosměrném proudu a konstantní délce hoří velmi stabilně bez změny napětí i proudu.

Rozdělení oblouku na základní oblasti:



Obr. 2.2 Části elektrického oblouku

Části elektrického oblouku:

- katodová skvrna je ostře ohraničená oblast. Teplota se pohybuje kolem 2400 – 3000 °C. Proudová hustota na katodové skvrně je velmi vysoká a dosahuje až 1000 – 1500 A.mm⁻².
- sloupec oblouku je zářivě svítící oblast ve formě plazmy mezi elektrodami, která dosahuje vysokých teplot. Plazma je ionizovaný, elektricky vodivý plyn o vysoké teplotě. Teplota těsně pod katodovou skvrnou dosahuje až 16000 °C. Při ručním svařování obalenou elektrodou se teplota oblouku pohybuje v rozmezí 4200 až 6400 °C, při svařování pod tavidlem 6200 až 7800 °C, v ochranné atmosféře WIG 6500 až 9000 °C a u svařování MIG/MAG tvoří velmi vysoká proudová hustota vhodné podmínky pro ionizaci a teploty se pohybují v rozmezí 8000 až 15000 °C.
- anodová skvrna je oblast, kde jsou pohlcovány elektrony. Teplota anodové skvrny se pohybuje v rozmezí 2700 – 3600 °C a obvykle dosahuje teploty varu svařovaných materiálů.

Obloukové svařování se nejvíce používá proto, že oblouk je intenzivním zdrojem tepla, který je soustředěn na malou plochu a efektivnost přenosu tepla do svaru je dobrá. Elektrický oblouk má výrazné tepelné a mechanické účinky na své okolí. Rozdělení tepla na obě elektrody není rovnoměrné. Úpravou parametrů svařování lze měnit tepelné i mechanické účinky oblouku a řídit tím charakter a rozměry svarové lázně, tepelné ovlivnění základního materiálu, zbytková napětí i deformace svaru.

2.4 Metody svařování

A) Tavné svařování

1. Svařování elektrickým obloukem

- obloukové svařování tavící se elektrodou (101)
- ruční obloukové svařování obalenou elektrodou (111)
- gravitační obloukové svařování obalenou elektrodou (112)
- obloukové svařování plněnou elektrodou bez ochranného plynu (114)
- vibrační svařování a navařování
- pod tavidlem (12)
- obloukové svařování v ochranné atmosféře (13)
- obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu-MIG (131)
- obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu-MAG(135)
- obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu (136)
- obloukové svařování plněnou elektrodou v inertním plynu (137)
- obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu-WIG (141)

2. Elektrostruskové svařování (72)

3. Svařování plazmové (15)

4. Elektronové svařování (76)

5. Plamenové svařování (3)

- kyslíko-acetylenové svařování (311)
- kyslíko-vodíkové svařování (313)

6. Laserové svařování (751)

7. Aluminotermické svařování (71)

8. Elektroplynové svařování (73)

9. Indukční svařování (74)

B) Tlakové svařování

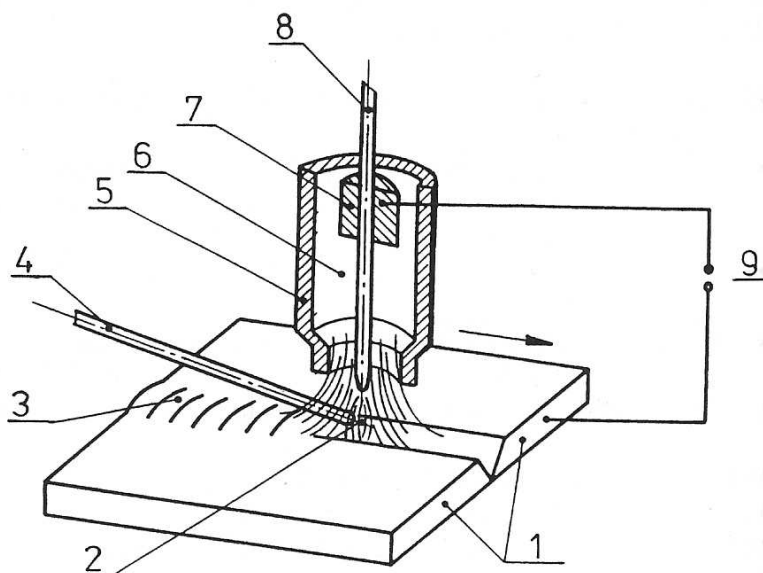
1. Svařování elektrickým odporem
2. Svařování třením
3. Svařování tlakem za studena
4. Difuzní svařování
5. Svařování výbuchem
6. Kovářské svařování
7. Svařování ultrazvukem

3. SVAŘOVÁNÍ METODOU WIG (TIG)

U metody WIG hoří oblouk mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem. Tavná lázeň je před okolní atmosférou chráněna netečným plynem, který má vysokou čistotu minimálně 99.995 %. Pro svařování se používá argonu, helia a jejich směsí. Svařování se může realizovat s přídavným materiálem (drát) ručním způsobem, nebo automatickým svařováním s podavačem drátu s volitelnou rychlostí jeho podávání podle postupu svařování.

Svařování je možno rozdělit podle druhu proudu na svařování střídavým proudem (hliník, hořčík a jejich slitiny) a svařování stejnosměrným proudem (středně a vysoce legovaná ocel, měď, nikl, titan a další). Svařování wolframovou elektrodou se používá i pro spojování obtížně svařitelných materiálů (titan, zirkon).

Svařování WIG zajišťuje výjimečně čisté a vysoce kvalitní svary. Protože nevzniká žádná struska, je sníženo na minimum riziko vměstků ve svarovém kovu a hotové svary nevyžadují žádné čištění. Lze svařovat i různorodé materiály, např. ocel s mědí a bronzem. [5]



Obr. 3.1 Princip svařování WIG

1. svařovaný materiál
2. elektrický oblouk
3. svar
4. přídavný materiál
5. plynová hubice
6. ochranný plyn
7. kontaktní kleštiny
8. wolframová elektroda
9. zdroj proudu

Svařování WIG má tyto technologické a metalurgické výhody oproti jiným metodám tavného svařování:

- inertní plyn zabezpečuje účinnou ochranu svarové lázně před účinky vzdušného kyslíku
- inertní plyn omezuje propal prvků a tím i vznik strusky - výsledkem je čistý povrch svaru
- vytváří velmi příznivé formování svarové housenky na straně povrchu i kořenové části svaru
- vytváří elektrický oblouk vysoké stability ve velkém rozsahu svařovacích proudů
- lze svařovat ve všech polohách
- svary jsou vysoké celistvosti
- jednoduchá obsluha a přesná regulace parametrů svařování
- svary mají malou tepelně ovlivněnou oblast a minimální deformace
- umožnění přesně dávkovat množství tepla vneseného do svaru

Z uvedených výhod se svařování WIG používá v těchto oblastech:

- svařované konstrukce z vysokolegovaných ocelí pro chemický, farmaceutický a potravinářský průmysl, klasickou i jadernou energetiku
- žárupevné a žáruvzdorné oceli
- v oblasti výroby letadel a kosmické techniky (titan)
- svařování hliníkových slitin



Obr. 3.2. Moderní zdroje pro WIG metodu

3.1 Druhy svařovacích proudů

a) Svařování stejnosměrným proudem

Svařování stejnosměrným proudem je základní způsob svařování metodou WIG. Elektroda je připojená k zápornému pólu zdroje a svařovaný materiál na kladný (přímé polarita). Teplo v oblouku se rozděluje přibližně na poměr: 1/3 tepla připadá na elektrodu a 2/3 celkového tepla se přenáší do základního materiálu. Z toho důvodu není elektroda tepelně přetěžovaná a svarová lázeň má větší hloubku závaru.

Svařování stejnosměrným proudem s přímou polaritou se používá pro spojování všech typů ocelí, mědi, niklu, titanu a jejich slitin. Nepřímá polarita zapojení není využívána z důvodu vysokého tepelného zatížení elektrody a může se v určitých případech použít pro svařování tenkostěnných svařenců z hliníku nízkým proudem.

b) Svařování střídavým proudem

Svařování střídavým proudem se používá z důvodu čistícího účinku, při kladné polaritě elektrody na svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin. Při svařování hliníku vzniká vrstva oxidu hlinitého (Al_2O_3), která chrání za běžných podmínek hliník proti další oxidaci. Tato vrstva má vysokou teplotu tavení 2050 °C. Použitím stejnosměrného proudu v ochranné atmosféře argonu brání vrstva Al_2O_3 metalurgickému spojení, protože pokrývá povrch roztaveného hliníku, jehož teplota tavení je cca 658 °C.

Čistící účinek vzniká při zapojení elektrody na kladný pól zdroje. Kladné ionty argonu dopadají na základní materiál a rozrušují oxidickou vrstvu. Při kladném zapojení elektrody vzniká pouze malý závar. Na elektrodě se vyvine 2/3 tepla. Vysoká hloubka závaru se dosahuje při zapojení elektrody na záporném pólu zdroje, kde 2/3 tepla jsou využitelné pro tavení materiálu. Inertní plyn nyní působí jako ochrana, bez čistícího účinku. Moderní svařovací zdroje pro svařování hliníku jsou vybaveny tzv. balancí, tj. možností nastavovat tvar a trvání kladné a záporné části periody a tím optimalizovat proces svařování.

c) Svařování impulsním proudem

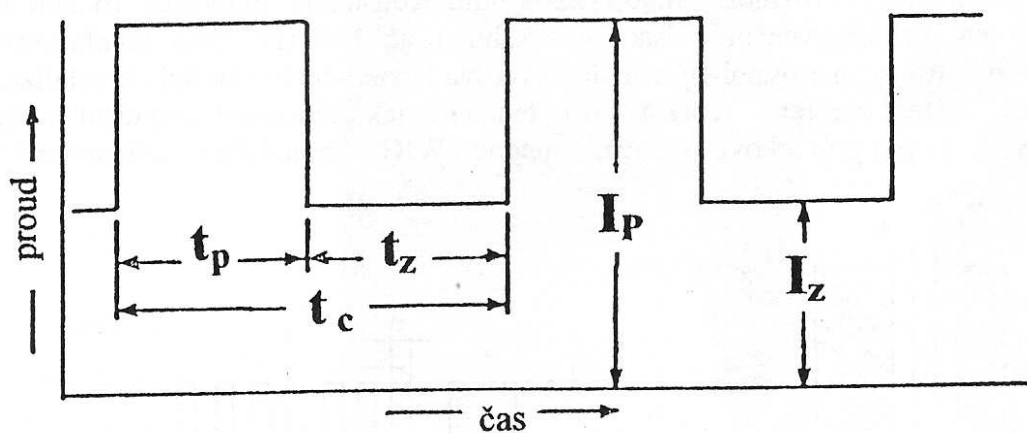
Impulsní svařování je takové, při kterém se intenzita proudu mění pravidelně s časem mezi dvěma proudovými hladinami. Podle charakteru zdroje může být tvar průběhu impulsů proudu pravoúhlý (obr. 3.3), sinusový, lichoběžníkový nebo jiný.

Základní proud I_z má nízkou hodnotu – 10 – 15 A. Zajišťuje pouze ionizaci oblasti oblouku v čase t_z . U svařování vysokolegovaných ocelí je výhodné použít dobu základního proudu dvakrát větší, než je doba pulzního proudu.

Impulsním proudem I_p v čase t_p dojde k natavení svarové lázně a tím i přídavného materiálu. Rozměry svarové lázně určuje zejména hodnota amplitudy impulsního proudu a doba trvání pulsu.

Pomocí možnosti nastavení jednotlivých hodnot se dosahuje velice přesné regulace svářecího režimu, tvarování svarové lázně a hodnoty vneseného tepla do svaru.

Svary vykazují malou TOO a výborné plastické vlastnosti včetně nižší náchylnost na praskání a menší deformace.



Obr. 3.3 Průběh pravoúhlého impulsního proudu

Pro impulsní svařování materiálu v rozmezí tloušťek 0,8 – 5 mm se používají pulsy s frekvencí 1 – 100 Hz.

Všeobecně je dáno, že čím vyšší je frekvence, tím vyšší může být svařovací rychlost.

Impulsního svařování má tyto výhody:

- lepší celistvost svarů
- velmi dobré mechanické a plastické vlastnosti svarů
- snížení tepelného ovlivnění materiálu
- dobré formování a vzhled svarové housenky
- snížení náchylnosti svarů na vznik mezikrystalické koroze u vysokolegovaných ocelí
- výhodný průřez svaru
- možnost svařování plechů tl. 0,5 až 5 mm bez použití podložek
- velká možnost regulace svařovacího proudu

Oblasti vhodné ke svařování impulsním proudem WIG:

- jednostranně přístupné svary
- svařování tenkých plechů legovaných ocelí, mědi a měděných slitin,
- různé polohy svarů

3.2 Ochranné inertní plyny

Používají se pro ochranu netavící se elektrody, svarové lázně a jejího okolí proti vlivům okolního vzduchu, především proti oxidaci a naplynění. Slouží také pro vytvoření příznivých podmínek pro zapálení oblouku a jeho stabilního hoření, přenos tepla a tvarování svaru.

a) Argon

Argon (Ar) je jednoatomový plyn, bezbarvý, bez chuti a zápachu, který je inertní a nevytváří se žádným prvkem chemické sloučeniny. Argon má malou tepelnou vodivost (obr. 3.4) a také malý ionizační potenciál. Tyto dvě charakteristiky příznivě ovlivňují hoření oblouku v atmosféře argonu. Oblouk se v argonu dobře zapaluje, má vysokou stabilitu a dosahuje vysokých teplot.

Hustota argonu je $1,784 \text{ kg.m}^{-3}$, je tedy těžší než vzduch a to příznivě působí na efektivnost plynové ochrany. Má nízkou citlivost na proudění vzduchu.

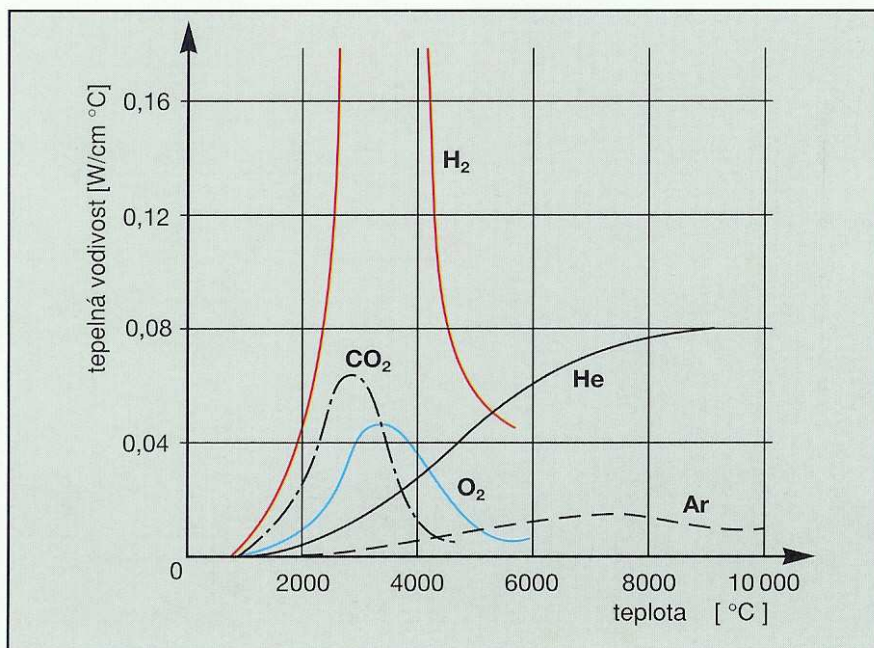
Ochranu argonu lze použít pro všechny svařitelné materiály a jeho použití je nejběžnější i z cenových důvodů.

b) Helium

Helium (He) je jednoatomový inertní plyn, bez barvy a zápachu. Jde o velmi lehký plyn s hustotou $0,178 \text{ kg.m}^{-3}$, což zapříčiňuje snížení efektivity plynové ochrany a proto vyžaduje pro dokonalou ochranu svaru vyšší průtok plynu.

Helium má výrazně vyšší tepelnou vodivost než argon (obr. 3.4). Ionizační potenciál helia je vyšší než u argonu a proto se oblouk špatně zapaluje a je nestabilní při větší délce oblouku. Z důvodu vysoké tepelné vodivosti helia je přenos tepla v oblouku vysoký a ve směsi s argonem se zvýší rychlost svařování a hloubka závaru.

Tepelná vodivost komponentů ochranných plynů



Obr. 3.4 Tepelná vodivost komponentů ochranných plynů

c) Směsi argonu a helia

Směsi argonu a helia tvoří samostatnou skupinu inertních plynů. Pro svařování WIG se nejčastěji používají kombinace 70% Ar + 30% He, 50% Ar + 50% He, 30% Ar + 70% He. Se vzrůstajícím podílem helia se zvyšuje napětí na oblouku a tepelný výkon oblouku, což se kladně projevuje na tvaru a rozměrech svaru. Při svařování v uvedených směsích se zvyšuje rychlost svařování a hloubka závaru.

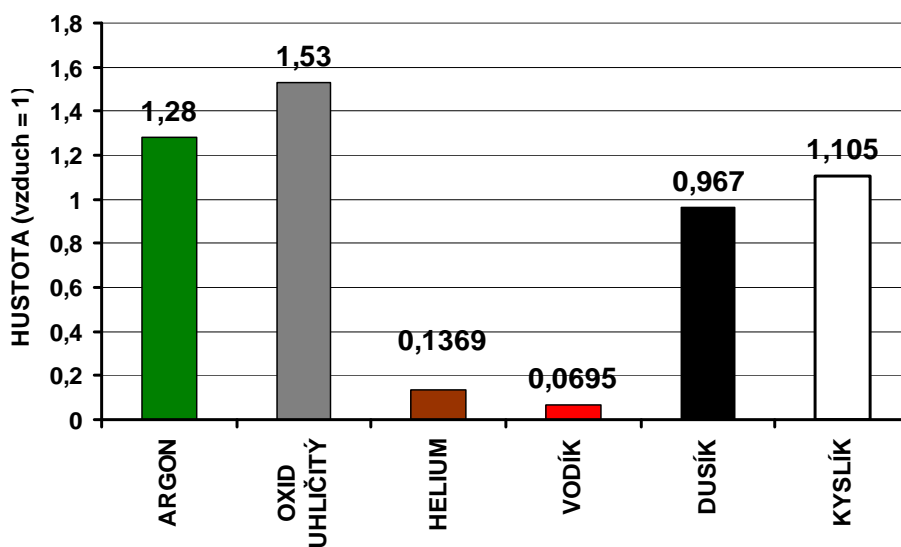
Směsi argonu a helia nacházejí uplatnění zvláště pro svařování mědi a hliníku ručním nebo strojním způsobem.

d) Směsi argonu a vodíku

Směs argonu s vodíkem zlepšuje díky velmi vysoké tepelné vodivosti energetickou bilanci oblouku. Obsahem vodíku 5 až 10% se zlepšuje také čistota povrchu svaru díky redukci oxidů. Vodík se však může používat jen pro svařování vysoce legovaných austenitických a austeniticko-feritických CrNi ocelí, nebo niklu a jeho slitin.

e) Směsi argonu s dusíkem

Dusík podobně jako vodík je dvouatomový plyn, který má vyšší tepelnou vodivost a přenáší do svarové lázně větší podíl tepla. Běžný obsah dusíku se pohybuje kolem 10% a používá se především pro svařování mědi a její slitin.



Obr. 3.5 Porovnání hustot plynů

3.3 Svařovací hořáky a netavící se wolframové elektrody

Nejzatíženější částí svařovacích zařízení jsou svařovací hořáky. Zajišťují přívod elektrického proudu k elektrodě, přívod a usměrnění ochranného plynu, fixování polohy wolframové elektrody, přívod a odvod chladicí vody. Hořáky do cca 150 A se chladí průtokem plynu a v rozsahu 350 – 500 A jsou chlazeny vodou.

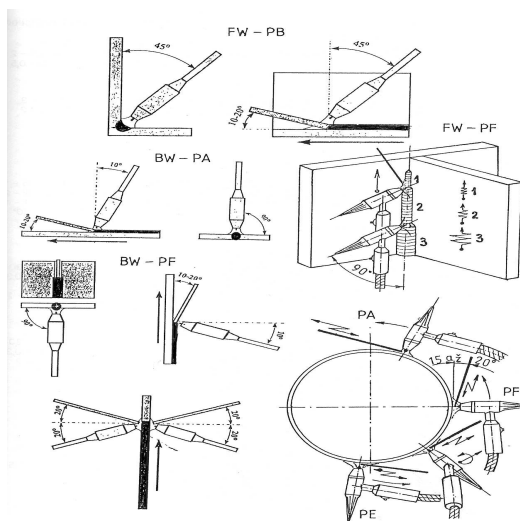


Obr. 3.5 Svařovací hořák Fronius TTW400

Netavící se elektrody používané při svařování WIG se vyrábějí ze spékaného wolframu, který má teplotu tavení 3380 °C a teplotu varu 5700 °C.

Elektrody se vyrábějí bez příměsí o čistotě 99,9 % W, nebo legované oxidy kovů - thoria (Th), lanthanu (La), ceru (Ce), zirkonu (Zr) nebo yttria (Y), které jsou v elektrodě rovnoměrně rozptýleny. Přísada oxidů snižuje teplotu ohřevu elektrody o 1000° C, zvyšuje životnost, zlepšuje zapalování oblouku a jeho stabilitu.

Metodou WIG se svařuje ve všech polohách, obvykle dopředu. Je nutné udržovat krátký oblouk a dbát na dokonalou ochranu elektrody i svarové lázně. Po svařování musí být povrch svaru čistý, lesklý. Důležité je vysunutí elektrody z hořáku. Pohybuje se v mezích 1 – 1,5 násobku průměru elektrody při svařování tupých svarů. U koutových svarů se vysunutí elektrody zvětšuje o 3 – 5 mm. Sklon hořáku a přidavného materiálu v různých polohách je znázorněn na obr. 3.6.



Obr. 3.6 Základní svařovací polohy u svařování metodou WIG

3.6 Zásady pro ruční svařování vysokolegovaných ocelí

- stejnosměrný proud má konstantní nebo impulsní průběh. Elektroda je připojena na záporném pólu zdroje.
- vhodná plynová ochrana je zajištěna Ar, Ar + He, nebo Ar + H₂ pro austenitické oceli. Heliem i vodíkem dochází ke zvýšení přenosu tepla do svaru a tím i hloubky závaru a rychlosti svařování.
- do tloušťky 2 mm se tupé svary svařují bez styčné spáry
- hodnota svařovacího proudu se volí od 30 do 50 A na 1mm tloušťky materiálu
- délka oblouku by měla odpovídat průměru elektrody
- používat niobem stabilizované přídavné materiály o rozměrech menších než tloušťka materiálu
- vlivem špatné tepelné vodivosti je nutno stehovat v malých vzdálenostech cca 40mm od středu svaru
- pro tenké plechy je vhodné používat upínací přípravky pro snížení deformace

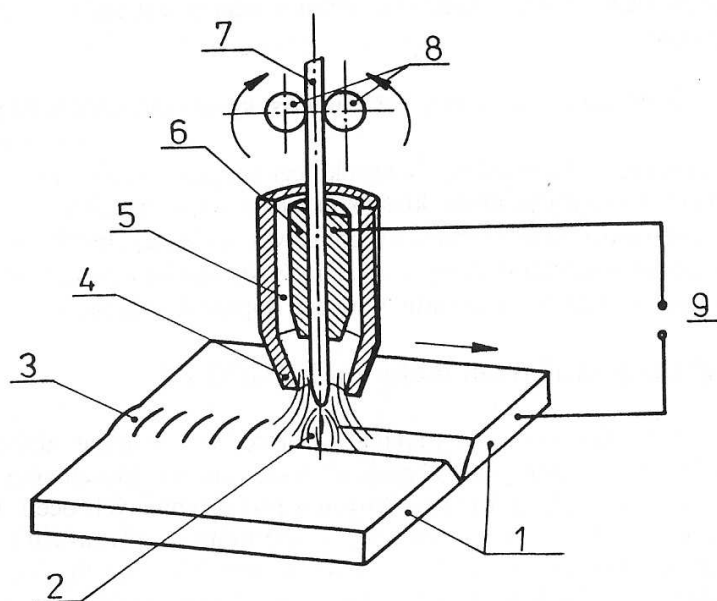
Svařování WIG je univerzální metodou používanou především pro ruční svařování, ale lze ji také použít pro automatické svařování a navařování. Tato metoda je velmi vhodná pro svařování slitin hliníku, korozivzdorných ocelí, slitin mědi a obtížně svařitelných materiálů. I když je produktivita metody ve srovnání s jinými metodami svařování poměrně nízká, její použití je vyváжено vysokou kvalitou svarových spojů a je proto nezastupitelnou metodou v oblasti náročných aplikací, jako je například jaderná energetika, klasická energetika nebo chemický průmysl.

4. SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG

Svařování MIG/MAG je tavné svařování, kde oblouk hoří mezi tavící se elektrodou, která je ve formě drátu, a základním materiálem v ochranné atmosféře inertního nebo aktivního plynu. Drát je podáván pomocí podávacích kladek a napájení drátu je zajištěno třecím kontaktem v ústí hořáku (obr. 4.1). U této metody se svařovací proudy pohybují v rozmezí 30 A (tenké plechy) až po 800 A (vysokovýkonné metody svařování).

Použití ochranné atmosféry se volí podle druhu svařovaného materiálu, avšak také ovlivňuje přenos kapek v oblouku, rozstřík, rozsah chemických reakcí a teplotní poměry v oblouku.

Tato metoda nachází v současné době uplatnění při ručním a hlavně mechanizovaném svařování. [3]



Obr. 4.1 Princip svařování metodou MIG/MAG

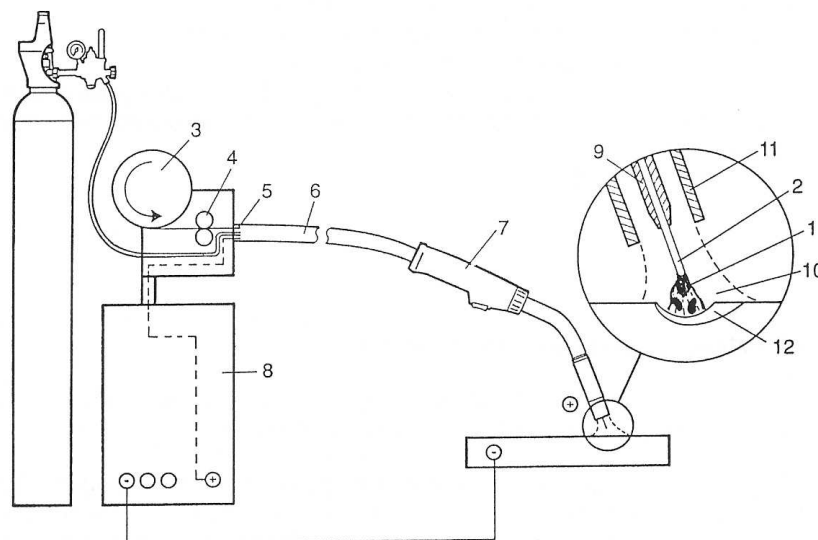
1 - svařovaný materiál, 2 – svar, 3 – plynová hubice, 4 – ochranný plyn, 5 – kontaktní průvlek, 6 – přídatný drát, 7 – podávací kladky

Výhody svařování MIG/MAG:

- svařování ve všech polohách od tloušťky materiálu 0,8 mm
- minimální tvorba strusky
- dobrý profil svaru a hluboký závar
- malá tepelně ovlivněná oblast hlavně u vysokých rychlostí svařování
- vysoká proudová hustota
- velký proudový rozsah pro jeden průměr drátu
- malá pórovitost
- malý nebo žádný rozstřík kovu elektrody
- snadné použití u robotizovaných a mechanizovaných systémů svařování

4.1 Podmínky pro realizaci svařování MIG/MAG

Pro realizaci potřebujeme vhodné svařovací zařízení. Sestava základního zařízení je vyobrazena na obr. 4.2. Při svařování MIG/MAG se téměř výhradně používá nepřímá polarita a stejnosměrný proud. Hořák je připojen na kladný pól a základní materiál na záporný pól. Přídavný materiál se nejčastěji dodává v přesně navinutých cívkách. Řízení pracovních cyklů je zabezpečeno řídicí jednotkou, kterou má každé svařovací zařízení. Tato zařízení (> 200A) jsou také většinou vybavena chladicí jednotkou, která umožňuje chlazení svařovacího hořáku.



Obr. 4.2 Základní schéma svařování metodou MIG/MAG

1 – elektrický oblouk, 2 – drátová elektroda, 3 – zásobník drátu, 4 – podávací kladky, 5 – rychloupínací spojka, 6 – hořákový kabel, 7 – svařovací hořák, 8 – zdroj svařovacího proudu, 9 – kontaktní svařovací průvlak, 10 – ochranný plyn, 11 – plynová tryska, 12 – svarová lázeň

4.2 Ochranné plyny

Ochranné plyny plní především tyto základní funkce:

- zabezpečují ochranu konce tavící elektrody, odtavujících se kapek, svarové lázně, vysoce ohřátých oblastí základního materiálu před škodlivými účinky atmosféry
- vytvářejí příznivé podmínky pro hoření a zapálení oblouku, stabilitu oblouku a přenosu kovu v oblouku

Ochranné plyny při svařování MIG/MAG výrazně ovlivňují:

- tepelný výkon oblouku
- charakter přenosu kovu v oblouku, tvar a rozměry kapek a rychlost jejich přenášení obloukem
- tvar a rozměry průřezu svaru
- kvalitu, celistvost a mechanické vlastnosti svarového spoje
- chemické složení
- produktivitu a hospodárnost svařování

Jako základní prvky na ochranu oblouku se používají jednosložkové plyny Argon (Ar) a oxid uhličitý (CO₂). Také je možno užít vícesložkové plyny na bázi argonu, jako helium, oxid uhličitý a kyslík. Tyto plyny se mohou projevovat neutrálním, oxidačním nebo nauhličujícím vlivem na svarovou lázeň. Při volbě ochranného plynu se berou v potaz technické a ekonomické ukazatele.

a) Argon




Působí stejnými vlastnostmi jako u metody WIG.

b) Oxid uhličitý

Plyn bez barvy a bez zápachu. Je 1,5 krát těžší jak vzduch. Do teploty 700 °C je stabilní a chová se jako inertní plyn. Při vyšších teplotách >700 °C se rozpadá na oxid uhelnatý (CO) a kyslík, takže působí oxidačně. Jeho čistota by měla mít minimální hodnotu 99,7 %. Plyn se používá na svařování nelegovaných, nízkolegovaných ocelí zkratovým přenosem nebo jako prvek pro různé směsi plynů.

c) Směsi plynů

Při svařování MIG/MAG plyny (Ar, CO₂) nezaručují stabilní svařovací proces, formování a celistvost svarů a požadovaný přenos kovu v oblouku. Proto se tyto mohou nahradit vhodnými směsmi plynu na bázi argonu. Tyto směsi zlepšují mimo jiné: stabilitu svařovacího procesu, zlepšení formování svaru, snížení rozstříku, zvýšení produktivity (odtavování, rychlost, hloubka závaru).

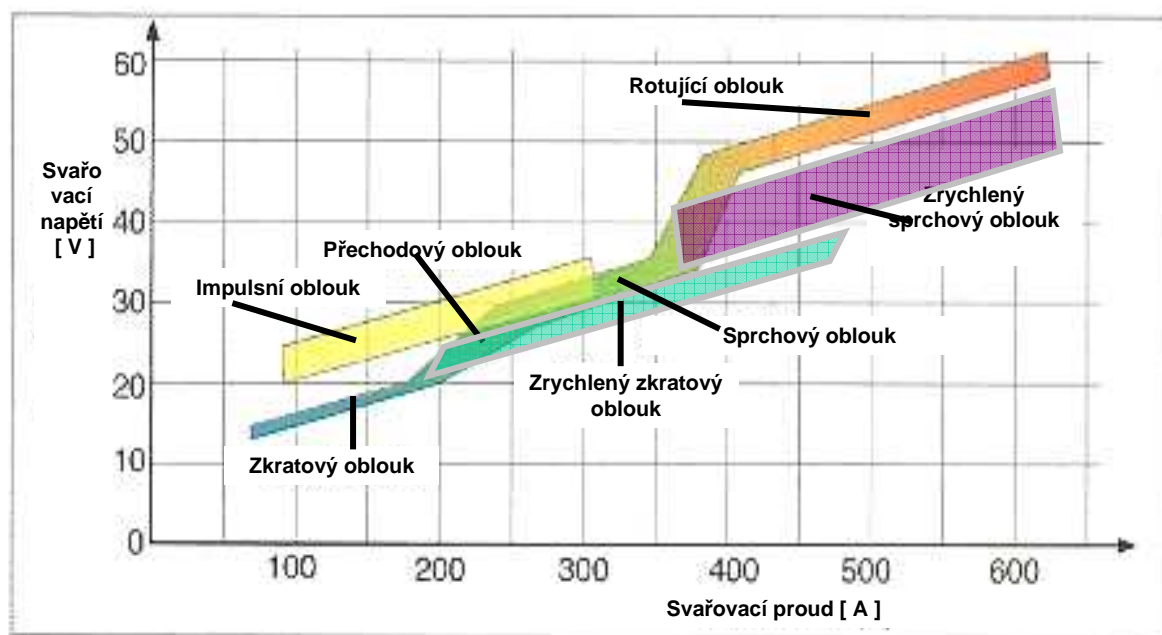
OCHRANNÝ PLYN	
STARGON C - 8	
STARGON C -18	
STARGON PB	

Obr. 4.3 Příklad povrchu svarů zhotovených s různým složením ochranných plynů

4.3 Přenos kovu v oblouku

Pod pojmem přenos kovu v oblouku rozumíme při svařování MIG/MAG natavení konce přídavného materiálu (tavící se elektroda) obloukem, pohyb oddělených kapek tekutého kovu drátu a jejich spojení ve svarové lázni. Významně však jeho charakter ovlivňuje složení ochranného plynu, druh přídavného materiálu a technika svařování. [3]

Přenos kovu v oblouku můžeme rozdělit na jednotlivé typy, které jsou znázorněné na obr. 4.4.

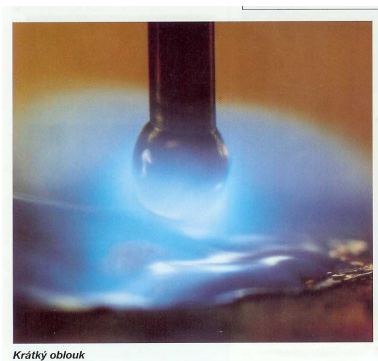


Obr. 4.4 Oblasti přenosu kovu v oblouku

a) Krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu

Zkratový přenos se realizuje v rozsahu svařovacího proudu od 60 do 180A a napětí 14 – 22V. Dochází k přerušování oblouku zkratem, při kterém se odděluje část kovu elektrody.

Díky vysoké intenzitě proudu dochází k oddělení kapky, která je hlavní příčinou rozstříku kovu při zkratovém přenosu. Pravidelným zhasínáním elektrického oblouku se vnáší do svaru menší množství tepla, což snižuje tepelně deformační účinek svařování. Zkratový přenos je doprovázen jemným praskavým tónem. Používá se pro svařování tenkých plechů, kořenových vrstev tupých spojů, pro svařování vysokolegovaných ocelí atd.



Krátký oblouk

Obr. 4.5 Krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu

b) Krátký oblouk se zrychleným zkratovým přenosem

Vyznačuje se neobvyklými parametry. Napětí odpovídá rozsahu 14 – 25 V jako u zkratového přenosu, ale proud a rychlost podávání se pohybuje v oblasti sprchového přenosu, tj. nad 200A.

Tímto typem přenosu kovu je umožněno svařovat s vysokým výkonem navaření i vysokou rychlostí svařování tenké plechy od 1 mm, kořeny svarů i polohové svary.

c) Přechodový dlouhý oblouk s nepravidelnými zkraty (kapkový přenos)

Tento typ přenosu vzniká při průměrných hodnotách oblouku. Napětí se pohybuje v rozmezí 22 až 28V a proud od 190 do 300A.

Přechodový oblouk způsobuje velký rozstřík. Nejvýrazněji se projevuje v ochranné atmosféře CO₂. Využívá se pro svařování středních tloušťek. Z důvodu hrubé svarové housenky a výraznému rozstříku se nedoporučuje používat.

d) Dlouhý oblouk se sprchovým přenosem (bezzkratový přenos)

Pojmem dlouhý oblouk se rozumí délka oblouku větší než 3 mm hodnoty napětí a sprchový přenos je typický pro hodnoty svařovacího proudu do 200 do 500A a napětí 28 až 40V. Při těchto podmínkách se může vytvořit kapka tekutého kovu, aniž by se dotkla povrchu svařovaného materiálu a vytvořila zkrat. Tento typ přenosu se dá realizovat ve směsích plynů Ar s CO₂, případně O₂, kde obsah argonu by měl být 80 % směsi.

Sprchový přenos se vyznačuje velkou hloubkou závaru a čistým a hladkým povrchem housenky s plynulým přechodem do základního materiálu bez rozstříku. Projevuje se syčením s občasným prasknutím. Sprchový přenos se používá pro výplňové svary středních a velkých tloušťek.

e) Impulsní bezzkratový přenos

Principem tohoto přenosu je kombinovaný kapkový a sprchový přenos. Podmínkou pro realizaci tohoto typu přenosu je, aby základní proud (20-50A) byl nižší a impulsní proud větší jako mezní hodnoty proudu. Jednotlivé fáze základního a impulsního proudu se pravidelně střídají v určité frekvenci 25 – 500 Hz.

Digitálně řízené impulsní přenosy mají výhody ve velké stabilitě a v malém rozstříku. Lze ho použít ve všech polohách svařování a pro svařování tenkých plechů (malé deformace).

Optimální plyn pro svařování uhlíkových ocelí je směs Ar s 8% CO₂ a pro nerezavějící oceli Ar + 2%O₂. U hliníku se používá čistý argon.

f) Dlouhý oblouk s rotujícím přenosem kovu

Parametry tohoto typu přenosu kovu jsou téměř stejné jako u předešlého procesu. Při velmi vysokém proudovém zatížení tavící se elektrody dochází ke vzniku tzv. rotujícího oblouku. Jeho použití je hlavně u strojního svařování MAG ocelí velkých tloušťek.



Sprchový oblouk



Rotující oblouk



Impulzní oblouk

Obr. 4.6 Sprchový, rotující a impulsní přenos kovu v oblouku

4.4 Svařování vysokolegovaných ocelí

Austenitické chromniklové oceli jsou charakteristické malou tepelnou vodivostí a vysokou tepelnou roztažností. Korozi-vzdorné a kyselinovzdorné oceli mají díky svým legujícím prvkům (především Cr) značně hustou tavnou lázeň, která vytváří nežádoucí převýšení svaru a ostrý přechod svarové housenky do základního materiálu. Tenké plechy se doporučují svařovat v upnutém stavu z důvodu velkých deformací při svařování. Je tedy třeba používat malý tepelný příkon a větší rychlosti svařování.

Plyny doporučené pro svařování vysokolegovaných ocelí:

- Argon + 2% oxidu uhličitého

Pro všechny druhy vysokolegovaných ocelí, kromě zvlášť nízkouhlíkových. Vhodný plyn pro krátký zkratový oblouk s nízkým propalem, dobrým smáčením svarového úkosu a malým rozstříkem.

- Argon + 2% kyslíku

Doporučuje se z hlediska propalu svařovat zkratovým přenosem malými kapkami a plyn je vhodný i pro sprchový nebo impulsní přenos kovu.

- Ar + 30 až 50% He + 1 až 2% O₂

Směs vhodná pro mechanizované a robotizované svařování. Plyn zajišťuje stabilní hoření oblouku při zkratovém i sprchovém přenosu, velmi příznivý profil svaru a vysoký odtavovací výkon bez nebezpečí nahličení svarové lázně.



Obr. 4.7 ukázka aplikací svařování vysokolegovaných ocelí

5. TECHNOLOGICKÝ POSTUP

Pro zadané OV jsem vypracoval technologické postupy (TP). Výkresy OV jsou uvedeny v příloze bakalářské práce. TP obsahují dvě části, jednu na výrobu pozic a druhou obsahující výrobu a postup svařování sestavy. Pro ohřívač č. 1 (výkres č. 0160-20.11.00d) je použita metoda svařování a stehování WIG. Metodu MIG/MAG jsem použil pro svaření ohřívače č. 2 (výkres č. 1041-20.11.00), pro stehování jsem však ponechal metodu WIG.

5.1 Technologický postup OV č.1

Technologický postup					Listů	List
					2	1
Výrobek			Výroba pozic ohřívače č.1			č. výkresu 0160-20.11.00d
			Počet kusů 1		Vypracoval VYSTRČIL	
Pos.	ks	Hmotn.	Rozměr polotovaru	jakost materiálu	ČSN	
1	1	4,03	Plášť P2 - 400 x 646,2 mm	1.4301	EN 10088-2	
2	2	0,4	Držák P2 - 40 x 326 mm	1.4301	EN 10088-2	
3	1	0,49	Víko zadní P2 - 130 x 246 mm	1.4301	EN 10088-2	
4	1	0,49	Víko přední P2 - 130 x 246 mm	1.4301	EN 10088-2	
5						
6	1	0,04	Plech P2 - 60 x 60 mm	1.4301	EN 10088-2	
7	1		Trubka DN 25 x 1,5 - 50 mm	1.4301	EN ISO 1127	
8	1		Navařovací vsuvka M48 X 2	1.4301	DIN 2982	
9	1		navařovací vsuvka G313 1/2"	1.4301	DIN2982	
10	2		Matice M22 x 1,5	A2	DIN 439 B	
11	1		Trubka DN 25 x 1,5 - 470 mm	1.4301	EN ISO 1127	
12	1	0,06	Výztuha P2 - 50 x 84 mm	1.4301	EN 10088-2	

Pozice	1	Plášť	Počet kusů
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	1
Číslo operace		Popis práce	t _{BC} t _{AC}
10		Stříhání / nůžky Stříhat plášť na rozměr 400x646,2mm, ostřiny ojeht	10 5
20		Skružení dle výkresové dokumentace (vd)	10 10

Pozice	2	Držák	Počet kusů
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	2
Číslo operace		Popis práce	t _{BC} t _{AC}
10		Stříhání na rozměr 40x326mm, ojeht hrany	10 2
20		Prostřížení děr dle vd	20 0,5
30		Ohraňovací lis/ ohyb dle vd	15 1

Pozice	3	Víko zadní	Počet kusů
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	1
Číslo operace		Popis práce	t _{BC} t _{AC}
10		Kooperace - LASER Vypálit na tvar dle výkresu	

Pozice	4	Víko přední	Počet kusů
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	1
Číslo operace		Popis práce	t _{BC} t _{AC}
10		Kooperace - LASER Vypálit na tvar dle výkresu	

Technologický postup		Listů	List
		2	2
Výrobek	Výroba pozic ohřívače č.1	č. výkresu 0160-20.11.00d	
		Počet kusů 1	Vypracoval
			VYSTRČIL

Pozice	6	Vyztužný plech	Počet kusů	
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	1	
Číslo operace	Popis práce		t _{BC}	t _{AC}
10	Kooperace - LASER Vypálit na tvar dle výkresu			

Pozice	7	Trubka DN 25 x 1,5	Počet kusů	
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	1	
Číslo operace	Popis práce		t _{BC}	t _{AC}
10	Pásová pila Řezat na délku 50 mm, ojeht		8	2

Pozice	8	Navařovací vsuvka M48 X 2	Počet kusů	
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	1	
Číslo operace	Popis práce		t _{BC}	t _{AC}
10	Pásová pila, kulatinu Ø60 řezat na délku 28 mm		10	1
20	Soustruh Vrtat otvor pro závít M48 x 2		10	6
30	Soustruh Řezat závít M48 x 2		10	10
40	Soustruh Stočit osazení, přerovnat čela, zkosit hrany 1,5x45°		10	5

Pozice	11	Trubka DN 25 x 1,5	Počet kusů	
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	1	
Číslo operace	Popis práce		t _{BC}	t _{AC}
10	Pásová pila Řezat na délku 470 mm, ojeht		8	2
20	Vrtačka Vrtat díru Ø6 mm		10	1

Pozice	12	Výztuha P2	Počet kusů	
Číslo výkresu		0160-20.11.00d	1	
Číslo operace	Popis práce		t _{BC}	t _{AC}
10	Tabulové nůžky Stříhat na rozměr 50 x 84 mm		8	2
20	Ohraňovací lis Ohyb dle vd		10	1

Technologický postup		Listů	List
		1	1
Výrobek Výroba svařené sestavy ohřívače č.1	č. výkresu 0160-20.11.00d		
	Počet kusů 1	Vypracoval VYSTRČIL	

Číslo operace	Popis práce	Poznámka
1	Stehovat zakružený buben ohřívače metoda 141, plyn R1 (98%Ar, 2%H)	I = 80 A U = 16 V
2	Vyvrtat díry pod matice M22x1,5	
3	Svaření výztuhy k plášti Svařit pozice 12 + 1 metoda 141, plyn R1, Příd. mat. OK TIGROD 308L Ø1,6	I = 80 A U = 16 V
4	Přivaření trubky k zadnímu víku Svařit pozice 7+3 metoda 141, plyn R1, Příd. mat. OK TIGROD 308L Ø1,6	I = 80 A U = 16 V
5	Přivaření navařovací vsuvky G1/2" k trubce DN25 Svařit pozice 9+11 metoda 141, plyn R1, Příd. mat. OK TIGROD 308L Ø1,6	I = 80 A U = 16 V
6	Přivaření navařovací vsuvky M48x2 k přednímu víku (svar z vnitřní strany) Svařit pozice 4+8 metoda 141, plyn R1, Příd. mat. OK TIGROD 308L Ø1,6	I = 80 A U = 16 V
7	Přivaření trubky DN25 k přednímu víku (svar z vnitřní strany) Svařit pozice 4+11 metoda 141, plyn R1 (98%Ar, 2%H)	I = 80 A U = 16 V
8	Stehovat přední a zadní víko k plášti Stehovat pozice 3+4+1 metoda 141, plyn R1 (98%Ar, 2%H)	I = 80 A U = 16 V
9	Svařit podélný svar pláště Svaření pozice 1 metoda 141, plyn R1 (98%Ar, 2%H)	I = 80 A U = 16 V
10	Přivařit na hotovo přední zadní víko Svařit pozice 3+4+1 metoda 141, plyn R1, Příd. mat. OK TIGROD 308L Ø1,6	I = 80 A U = 16 V
11	Přivařit matice na plášť Svařit pozice 10+1 metoda 141, plyn R1, Příd. mat. OK TIGROD 308L Ø1,6	I = 80 A U = 16 V
12	Přivaření držáků na plášť Svařit pozice 2+1 metoda 141, plyn R1, Příd. mat. OK TIGROD 308L Ø1,6	I = 80 A U = 16 V
13	Svařit na hotovo tr. DN25 a M48 z přední strany víka Svařit pozice 11+8+4 metoda 141, plyn R1, Příd. mat. OK TIGROD 308L Ø1,6	I = 80 A U = 16 V
14	Provést vizuální kontrolu	ČSN EN 970
15	Provést penetrační kontrolu	ČSN EN 571 - 1

5.2 Technologický postup OV č.2

Technologický postup					Listů	List
					2	1
Výrobek Výroba pozic ohřívače č.2				č. výkresu 1041-20.11.00		
				Počet kusů 1	Vypracoval VYSTRČIL	
Pos.	ks	Hmotn.(kg)	Rozměr polotovaru	jakost materiálu	ČSN	
1	1	1,31	Plášť - P 2 x231,7 x 364 mm	1.4301	EN 10088-2	
2	1	1,31	Plášť - P 2 x231,7 x 364 mm	1.4301	EN 10088-2	
3	1	0,2	Víko přední P2 - 116 x 116 mm	1.4301	EN 10088-2	
4	1	0,2	Víko zadní P2 - 116 x 116 mm	1.4301	EN 10088-2	
5	2	0,19	Držák P3 - 40 x 104 mm	1.4301	EN 10088-2	
6	1		KR 60 -17 mm	1.4301	EN 10088-2	
7	1		navařovací vsuvka 334 1"	1.4301	EN 10088-2	
8	1		navařovací vsuvka 334 3/4"	1.4301	EN 10088-2	
9	1		TR KR 10 x 1 - 35 mm	1.4301	EN 10088-2	

Pozice	1	Plášť (pravý)	Počet kusů	
Číslo výkresu		1041-20.11.00	1	
Číslo operace		Popis práce	t _{BC}	t _{AC}
10		Stříhání / nůžky Stříhat plášť na rozměr 231,7x364 mm, ojehtit hrany	10	5
20		Kooperace LASER Vypálení děr dle výkresové dokumentace		
30		Ohraňovací lis Ohyby dle vd	15	2

Pozice	2	Plášť (levý)	Počet kusů	
Číslo výkresu		1041-20.11.00	1	
Číslo operace		Popis práce	t _{BC}	t _{AC}
10		Stříhání / nůžky Stříhat plášť na rozměr 231,7x364 mm, ojehtit hrany	10	5
20		Ohraňovací lis Ohyby dle vd	15	2

Pozice	3	Víko přední	Počet kusů	
Číslo výkresu		1041-20.11.00	1	
Číslo operace		Popis práce	t _{BC}	t _{AC}
10		Kooperace LASER Vypálit 116/116 + vypálit díru (vše dle vd)		

Technologický postup		Listů	List
		2	2
Výrobek	Výroba pozic ohřívače č.2	č. výkresu 1041-20.11.00	
		Počet kusů 1	Vypracoval
			VYSTRČIL

Pozice	4	Víko přední	Počet kusů	
Číslo výkresu		1041-20.11.00	1	
Číslo operace		Popis práce	t _{BC}	t _{AC}
10		Kooperace LASER Vypálit 116/116 dle vd		

Pozice	5	Držák	Počet kusů	
Číslo výkresu		1041-20.11.00	2	
Číslo operace		Popis práce	t _{BC}	t _{AC}
10		Stříhání na rozměr P3 - 40 x 104 mm, ojehlit hrany	10	2
20		Prostřížení děr dle vd	10	0,5
30		Ohraňovací lis/ ohyb na tvar dle vd	15	1

Pozice	6	KR 60-17 (navařovací vsuvka M48x20)	Počet kusů	
Číslo výkresu		1041-20.11.00	1	
Číslo operace		Popis práce	t _{BC}	t _{AC}
10		Pásová pila, kulatinu Ø60 řezat na délku 19 mm	10	1
20		Soustruh Vrtat otvor pro závít M48 x 2	10	6
30		Soustruh Řezat závít M48 x 2	10	10
40		Soustruh Stočit osazení, přerovnat čela, zkosit hrany 1,5x45°	10	5

Pozice	9	Trubka KR 10 x 1 mm	Počet kusů	
Číslo výkresu		1041-20.11.00	1	
Číslo operace		Popis práce	t _{BC}	t _{AC}
10		Pásová pila Řezat na délku 35 mm, ojehlit	8	2

Technologický postup		Listů	List
		1	1
Výrobek	Výroba svařené sestavy ohřívače č.2	č. výkresu 1041-20.11.00	
		Počet kusů 1	Vypracoval
			VYSTRČIL

Číslo operace	Popis práce	Poznámka
1	Stehovat pravou a levou část pláště Pozice 1+2 metoda 141, plyn R1 (98%Ar, 2%H)	I = 80 A U = 16 V
2	Sestehovat přední a zadní víko, poz.(1+2)+3+4 Pozice 3+4 k (1+2) metoda 141, plyn R1	I = 80 A U = 16 V
3	Svařování Pozice 1+2 metoda 135, plyn M13, Příd. mat. OK AUTROD 308LSI Ø 0,8 mm	I = 55 - 160 A U = 15 - 24 V M13 = Ar + (0-3)% O ₂
4	Svařování Pozice 3+4 k (1+2) metoda 135, plyn M13, Příd. mat. OK AUTROD 308LSI Ø 0,8 mm	I = 55 - 160 A U = 15 - 24 V
5	Stehování Pozice 6+3 metoda 141, plyn R1	I = 80 A U = 16 V
6	Svařování Pozice 6+3 metoda 135, plyn M13, Příd. mat. OK AUTROD 308LSI Ø 0,8 mm	I = 55 - 160 A U = 15 - 24 V
7	Stehování Pozice 7+8+9 metoda 141, plyn R1	I = 80 A U = 16 V
8	Svařování Pozice 7+8+9 k pravému plášti poz. 1 metoda 135, plyn M13, Příd. mat. OK AUTROD 308LSI Ø 0,8 mm	I = 55 - 160 A U = 15 - 24 V
9	Stehovat držáky Pozice 5 na svařený plášť (1+2) - 2 ks metoda 141, plyn R1	I = 80 A U = 16 V
10	Svařovat držáky Pozice 5 na svařený plášť (1+2) - 2 ks metoda 135, plyn M13, Příd. mat. OK AUTROD 308LSI Ø 0,8 mm	I = 55 - 160 A U = 15 - 24 V
11	Provést vizuální kontrolu	ČSN EN 970
12	Provést penetrační kontrolu	ČSN EN 571 - 1

6. KVALIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ OV

6.1 Povinnosti výrobců a zásady provádění při výrobě OV:

- Tlakové nádoby musí být vyráběny dle schválené technické dokumentace a podmínek i požadavků dané výrobní normy (ČSN EN 13445).
- Výrobce je zodpovědný za způsobilost, výcvik a přezkoušení svého personálu, svařování se zabezpečuje minimálně dle ČSN EN ISO 3834-3.
- Požadavky na základní materiál:
 - o Přednostně musí být používány evropské normalizované materiály.
 - o Výrobce musí zvolit takový materiál, který zajistí bezpečné užívání v provozních podmínkách po celou dobu životnosti.
 - o Materiály musí být doloženy dokumenty kontroly.
- Požadavky na svařovací materiály:
 - o Specifikuje ČSN EN 12952-2.
 - o Musí být zvoleny tak, aby mechanické a korozivzdorné vlastnosti svarového kovu byly stejné nebo minimálně podobné se základním materiálem.

Části tlakové nádoby mohou být spojovány svařováním za následujících podmínek:

1. Výrobce má k dispozici specifikace postupu svařování
2. Postupy WPS jsou schváleny pro určitý rozsah protokoly WPQR
3. Svářeči a svářečští operátoři jsou kvalifikováni a mají platná osvědčení (ČSN EN 287-1, ČSN EN 1418)

Výrobce zpracovává postupy WPS v souladu s ČSN EN ISO 15609 pro všechny svary. U tlakem zatěžovaných svarů tlakových nádob a zařízení, se schvalují postupy svařování v souladu s ČSN EN ISO 15614.

Příprava svarových spojů se provádí opracováním mechanickým, tepelným řezáním nebo jejich kombinací. Svarové plochy musí být řádně očištěny od okují, oxidů, olejových a jiných nečistot.

Provádění svarových spojů na tlakových nádobách a zařízeních probíhá podle schválené specifikace postupu svařování WPS. Je vypracován záznam o tom, který svářeč provedl každý jednotlivý svar. Svary jsou označeny značkou svářeče.

Opravy svařování musí být provedeny v souladu se schváleným postupem WPS a opravované svary musí být nedestruktivně přezkoušeny. Dokončovací operace musí být prováděny až po tlakové zkoušce.

Výrobce je odpovědný za shodu tlakové nádoby (zařízení) s požadavky dané evropské normy. Na všechny dokončené svary musí být provedena 100% vizuální prohlídka. Dále musí být podrobeny nedestruktivnímu zkoušení v závislosti na zkušební skupině pro daný typ svaru.
[12]

6.2 Stanovení a kvalifikování postupů svařování OV

Na dané OV je nutné nejdříve vytvořit předběžnou specifikaci postupu svařování „pWPS“. Tzn. že všechny činnosti související se svařováním jsou nejprve předběžně navrženy. Zpracované návrhy postupů svařování musí obsáhnout všechny plánované spoje. Zahrnují metodu svařování, odkazy na materiály a svařovací materiály, přípravu, předehřev, tepelné zpracování po svařování apod. [9]

Protože se jedná o TZ specifického materiálu (1.4301), je nutné, aby svářečské práce prováděli jen pracovníci, kteří mají platnou zkoušku svářeče podle normy ČSN EN 287-1,2. Vypracování „pWPS“ se bude řídit podle normy ČSN EN ISO 15609-1, která obsahuje technický obsah postupu svařování. Dále se bude řídit postupem podle ČSN EN ISO 15614-1.

Kvalifikace postupu svařování pro obloukové svařování ocelí dle ČSN EN ISO 15614-1:

- Vypracování předběžné specifikace svařování „pWPS“. Svarový spoj, na který se bude obsah svařování ve výrobě vztahovat, bude zastoupen zhotoveným normalizovaným zkušebním kusem. Rozměry požadovaného zkušebního kusu musí být dostačující, aby bylo možné provést potřebné zkoušky.
- Svaření zkušebních kusů je provedeno podle „pWPS“. Všechny svary na zkušebních kusech a poté i při samotné výrobě musí být provedeny svářečskými pracovníky s odpovídající platnou zkouškou.
- Provedení kontroly a zkoušení se provede v rozsahu této normy. Zkoušení zahrnuje jak nedestruktivní zkoušení tak i destruktivní zkoušení.
- Schvalování postupu svařování na základě vyhovujících výsledků provedených zkoušek.
- Vystavení WPQR – Protokol o schválení postupu svařování. Tento protokol obsahuje výsledky prováděných zkoušek a je potvrzen datovaným podpisem zkušebního orgánu nebo zkušební organizací.
- Rozsah kvalifikace se řídí podle zařazení materiálů do skupin po CR ISO 15608 a podle tloušťek použitých materiálů. Vše je uvedeno v ČSN EN ISO 15614-1.
- Na základě všech schvalovacích procesů je umožněno zahájení výroby vlastního ohřívače vody s tím, že jsou pro jednotlivé svary vypracovány protokoly WPS.

7. ZÁVĚR

Výrobou ohřívačů vody je zasáhnutá velká oblast použití různých materiálů. Užití jednotlivých materiálů závisí na mnoha faktorech. Tím nejdůležitějším z pohledu požadavků dnešní doby je ekonomické hledisko. Neméně důležitým je také celkový dopad výroby a používání OV na životní prostředí. Ze zvolených materiálů se odvíjí možnosti, jak co nejefektivněji spojit jednotlivé části OV a různých příslušenství, zabezpečující správný a bezpečný provoz.

V mé bakalářské práci jsem si zvolil pravděpodobně tři nejběžněji používané materiály pro výrobu OV. Provedl jsem charakteristiku materiálů a zvolení materiálu 1.4301 bylo také ovlivněno konkrétním doložením výkresů OV. Z tohoto důvodu jsem také vybral metody svařování WIG a MIG/MAG. Každá metoda má svá specifika, na která je nutné brát zřetel při výrobě OV. Pro tyto metody jsem provedl charakteristiku a také vhodnost použití pro zadaný materiál.

Další fází mé práce je vypracování technologického postupu. Vzhledem k tomu, že mám zadány dva různé typy OV, které jsou však vyrobeny ze stejného materiálu, je pro jeden použita metoda svařování WIG a pro druhý WIG (stehování) a MIG/MAG pro hlavní svařování. Technologické postupy jsem rozdělil na dvě části: první se zabývá výrobou jednotlivých pozic a druhá sestavením a svařením do konečné podoby OV.

Poslední částí je vypracování schválení a kvalifikace postupu svařování daných OV. Pro tyto postupy jsem použil uvedené literatury. Způsoby schvalování a kvalifikování se mohou provádět různými způsoby. To také závisí na tom, zda vyrábějící firma má již potřebné zkušenosti s výrobou, kvalifikovaný personál aj.

Výroba a svařování ohřívačů vody má v dnešní době nezastupitelné místo na trhu a je jen na výrobcích, jakým způsobem budou OV vyrábět.

Děkuji tímto doc. Ing. Drahomíru Schwarzovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce a panu Ing. Vojtěchu Dostálkovi za praktickou pomoc při řešení technologických postupů.

8. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

- [1] DRUŽSTEVNÍ ZÁVODY DRAŽICE. Česká republika. Dostupné na [www:](http://www.dzd.cz/cs/)
<http://www.dzd.cz/cs/>
- [2] TLAK s.r.o. Česká republika. *Tlaková zařízení*. [cit. 1.5.2000]. Dostupné na [www:](http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=179)
<http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=179>
- [3] ORSÁGH, P., ORSÁGH V. *Zváranie MIG/MAG ocelí a neželezných kovov*. 1.vyd. Bratislava: Polygrafia SAV. 2000. 460 s. ISBN 80-88780-36-5
- [4] KUNCIPÁL, J. A KOLEKTIV. *Teorie svařování*. Praha: SNTL, 1986
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ. *Technologie svařování a zařízení*. Ostrava: Zeross – svářečské nakladatelství. 2000. 395 s.
- [6] KOUKAL, J., ZMYDLENÝ, P. *Svařování I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. 2005. 136s. ISBN 80-248-0870-6
- [7] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kov*. 3.vyd. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7
- [8] BOHDAN BOLZANO s.r.o. Česká republika. Dostupné na [www:](http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/zaruvzdorne_oceli/korozivzdorne/chemsloz/)
http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/zaruvzdorne_oceli/korozivzdorne/chemsloz/
- [9] KOLEKTIV AUTORŮ. *Výroba a aplikované inženýrství ve svařování*. 1.vyd. Ostrava: Zeross – svářečské nakladatelství. 2000. 213 s. ISBN 80-85771-72-1
- [10] KOLEKTIV AUTORŮ. *Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení*. 1.vyd. Ostrava: Zeross – svářečské nakladatelství. 1999. 249 s. ISBN 80-85771-70-5
- [11] U.S. STEEL KOŠICE s.r.o. *Ocele pre smaltovanie*. Dostupné na [www:](http://www.usske.sk/products/cat-s/cold-roll/special/enameling.html)
<http://www.usske.sk/products/cat-s/cold-roll/special/enameling.html>
- [12] KOLEKTIV AUTORŮ. *Technická konference Hustopeče 2009 (Technická zařízení, stavební a strojní konstrukce výrobků)*. TDS Brno – SMS, s.r.o.. březen 2009. 442 s. ISBN 978-80-87102-04-6

9. PŘÍLOHY

Příloha 1 Výkres OV č. 0160-20.11.00d

Příloha 2 Výkres OV č. 1041-20.11.00

Příloha 3 pWPS – 4 listy